

Programma Short Term Mobility 2016

Relazione sull'attività svolta

Marco Brogioni

Analisi e validazione delle prime misure a microonde ultrawideband effettuate in Antartide per la stima dei parametri interni della calotta

Periodo del soggiorno: 08/05/2016 – 29/05/2016

Attività svolta:

L'obiettivo della Short Term Mobility è stato quello di partecipare all'analisi e validazione dei dati raccolti da IFAC durante la scorsa campagna in Antartide con il radiometro a banda ultra-larga UWBRAD, al fine di acquisire le tecniche di mitigazione e correzione delle radiointerferenze, la comprensione del funzionamento del front-end innovativo a banda ultra-larga, e di discutere i modelli elettromagnetici di emissione sviluppati da IFAC e ESL.

L'attività si è svolta presso l'Electroscience Laboratory dell'Ohio State University nel gruppo di ricerca del prof. Joel Johnson. L'attività è stata divisa in tre parti, una per ogni settimana del soggiorno, con una verifica alla fine di ciascuna settimana.

Sono state individuate tre specifiche attività al fine di raggiungere gli obiettivi preposti: analisi della migliore tecnica di calibrazione interna del radiometro UWBRAD, analisi e ricalibrazione dei dati raccolti in Antartide (utilizzando l'algoritmo di mitigazione RFI e verificandone il funzionamento), verifica e ricalibrazione dello strumento UWBRAD utilizzato in Antartide e rimpatriato durante lo svolgimento della STM (quest'ultima attività è stata post-posta a causa dei ritardi sul rientro dei materiali dall'Antartide in Italia). La procedura di studio adottata, dalla verifica del funzionamento dello strumento fino all'analisi dei dati raccolti, è quella più fruttuosa per la comprensione sia delle tecnologie strumentali utilizzate, sia dei processi fisici in atto in Antartide.

Durante la prima settimana, lo studio si è concentrato sulle metodologie di calibrazione interna del front-end a radiofrequenza. UWBRAD è uno strumento innovativo che effettua misure radiometriche a microonde su una banda di 1,5 GHz. Al fine di ottenere un comportamento omogeneo su tutta la banda, la catena di amplificazione e calibrazione del segnale non utilizza l'approccio classico del radiometro di Dicke con uno switch a microonde all'inizio della catena, bensì viene impiegato uno schema con dei circolatori "hybrid". Tale approccio è innovativo per uno strumento funzionante dalla banda P alla S e permette di ottenere uno strumento molto più compatto rispetto a quelli tradizionali. Purtroppo lo schema con switch ibridi prevede l'utilizzo di due catene di amplificazione parallele che dovrebbero essere teoricamente identiche (cioè con le stesse identiche caratteristiche RF). Nel corso della prima settimana sono stati

analizzati i vari schemi di calibrazione, sia quelli più semplici che ipotizzano linee di amplificazione pressoché identiche, sia tenendo in considerazione le possibili differenze che nascono dall'utilizzare componenti con prestazioni leggermente diverse. Dall'analisi è emerso che l'utilizzo della tecnica semplificata per la calibrazione interna non era utilizzabile data la stabilità dello scenario misurato in Antartide. In questo caso la misura sarebbe stata inficiata dalle caratteristiche intrinseche dello strumento e i dati di temperatura di brillanza raccolti sarebbero stati estremamente rumorosi. Anche la tecnica di calibrazione più accurata ha evidenziato dei limiti che sono stati superati grazie all'aver utilizzato uno switch a microonde sull'antenna previsto in fase di progetto come ridondanza. Le cause dei problemi di calibrazione interna sono da imputare all'impossibilità di realizzare due catene di amplificazione parallele con delle prestazioni RF praticamente identiche su una banda ultra-larga. L'accuratezza richiesta per la misura della temperatura di brillanza del plateau antartico è dell'ordine di 1K, valore che rappresenta attualmente il limite per le tecnologie realizzative dei radiometri con circolatori ibridi.

Le varie formule per la calibrazione ottenute sono state poi confrontate utilizzando i dati raccolti in Antartide nella prima fase di calibrazione, quando all'antenna era stata sostituita una terminazione adattata. Questa operazione di verifica ha permesso di selezionare la tecnica più insensibile alle variazioni delle prestazioni dei componenti e alle loro caratteristiche di rumorosità.

Una volta individuata la migliore formula per la calibrazione interna delle misure radiometriche, l'attività della seconda settimana del soggiorno si è concentrata sull'analisi dettagliata dei dati raccolti.

Lo studio si è focalizzato sui dati raccolti a Dome C nelle fasi di calibrazione, quando il radiometro UWBRAD ha osservato una terminazione adattata e il fondo cosmico a microonde. La scelta è stata dovuta al fatto che le misure sulla terminazione permettevano di analizzare il funzionamento dello strumento in assenza di radiointerferenze captate dall'antenna, mentre le misure del fondo cosmico servivano per la calibrazione esterna dello strumento. L'analisi dei dati relativi alla terminazione ha permesso di evidenziare l'ottima stabilità temporale del radiometro, alcuni cambi di guadagno degli amplificatori che ad oggi sono in fase di approfondimento, e il comportamento in frequenza dello strumento. Quest'ultima caratterizzazione è stata particolarmente importante in quanto il comportamento non lineare di UWBRAD nello spettro di lavoro ha poi un effetto sullo studio dei dati dopo la mitigazione RFI. L'analisi di questi dati è durata per quasi tutta la seconda settimana, e solo l'ultimo giorno è stato utilizzato per analizzare i dati misurati con l'antenna puntata verso il cielo. Ciò che è emerso dallo studio è che i dati misurati sono sufficientemente stabili per effettuare una buona calibrazione dello strumento e che le temperature di brillanza misurate con un intervallo di integrazione di 100 msec vadano in realtà integrate su tempi molto più lunghi, almeno 10 volte superiori, al fine di avere un'accuratezza di misura sufficiente per la caratterizzazione del plateau antartico. Inoltre, il confronto tra i dati pre- e post-mitigazione RFI ha permesso di evidenziare come l'algoritmo riesca a rilevare emissioni elettromagnetiche molto deboli causate da attività umane, e come sia possibile utilizzare la radiometria anche in quelle porzioni di spettro non protette e che in contesti urbanizzati non potrebbero essere sfruttate. Questa analisi è stata resa possibile dall'utilizzo di un campionatore ADC a 250MSPS (più del doppio della larghezza di ciascuna sottobanda, 100MHz) e dall'impiego di statistiche fino al 4° ordine in grado di rilevare la non gaussianità delle misure radiometriche. Questa attività di analisi ha anche permesso di individuare una debolezza dello strumento che è il formato in cui vengono salvati i dati. Nella configurazione utilizzata in Antartide, UWBRAD produce decine di piccoli file

ogni secondo (più piccoli di 1 KB), il che rende il post-processing dei dati estremamente lento. Infatti si devono processare decine di ore di dati per avere una analisi accurata. Quindi sono stati suggeriti nuovi formati per il salvataggio dei dati che verranno implementati nel radiometro che volerà sopra la Groenlandia il prossimo autunno.

Durante la terza settimana del soggiorno l'attività si è concentrata sulla caratterizzazione post-campagna del radiometro UWBRAD utilizzato in Antartide. Lo strumento era stato fatto rientrare in Italia all'inizio di maggio con la spedizione curata da ENEA, e dopo essere stato consegnato ad IFAC è stato immediatamente inviato all'Electroscience Laboratory. Infatti la verifica della sua funzionalità e di come sono cambiate le sue prestazioni nel tempo era fondamentale per valutare la qualità dei dati raccolti durante la campagna di misura. Dopo il ricevimento a Columbus delle casse contenenti la strumentazione, UWBRAD è stato ri-assemblato e sono stati fatti gli tutti i controlli per verificarne il funzionamento. Una volta controllatane l'integrità, lo strumento è stato posto in una gabbia di Faraday al fine di verificare se le RFI rilevate a Dome C erano fossero autoprodotte dal radiometro o se invece avessero un'altra origine. Due giorni di misure con un analizzatore di spettro hanno permesso di confermare che le RFI erano autoprodotte. Da ciò si è potuto mettere in evidenza quanto sia importante una accurata progettazione delle schermature dei computer e di tutti i componenti elettronici che utilizzano clock ad alte frequenze qualora si impieghino componenti commerciali non specifici nella realizzazione dei radiometri. Dopo i test nella gabbia di Faraday, lo strumento è stato spostato nel Compact Range per effettuare la calibrazione su un bersaglio assimilabile a un corpo nero. Tali dati serviranno nel proseguo delle attività del progetto UWBRAD per la verifica delle misure in Antartide.

Gli ultimi giorni della short term mobility sono stati impegnati in vari incontri di debriefing dell'attività che è stata condotta nelle tre settimane e nella pianificazione delle attività future da intraprendere tra IFAC e Electroscience Lab. L'ultimo giorno è stato dedicato ad un seminario che Marco Brogioni ha tenuto presso il Byrd Polar and Climate Research Center dedicato ad illustrare le attività di IFAC e del gruppo di ricerca a microonde in Antartide. Tale seminario è stato video registrato e pubblicato su internet dal BPCRC.

Parallelamente allo svolgimento delle attività precedentemente descritte, parte del tempo è stato dedicato all'analisi e alla verifica dei modelli elettromagnetici per la stima della temperatura di brillantezza del ghiaccio marino e della calotta polare. Allo stato dell'arte, il modello sviluppato da IFAC e basato sul trasferimento radiativo nei mezzi densi è risultato molto accurato e veloce rispetto a modelli coerenti realizzati negli Stati Uniti che, pur essendo molto più complessi e teoricamente più accurati, utilizzano molti parametri per la caratterizzazione dello scenario difficilmente misurabili e verificabili in campo. Inoltre, è stato studiato anche il metodo di retrieval basato sull'analisi Monte Carlo di catene Markoviane. Marco Brogioni è stato presente a varie lezioni sull'uso e codifica di questa tecnica utilizzata per effettuare il retrieval di parametri dello scenario a partire da dati telerilevati (siano essi attivi o passivi). Tale tecnica, essendo molto generale, potrà poi essere utilizzata in futuro nei progetti del gruppo di telerilevamento a microonde di IFAC.